



TITLE:

京都大学物理学第一教室の巻(教室紹介)

AUTHOR(S):

CITATION:

京都大学物理学第一教室の巻(教室紹介). 物性研究 1976, 27(3): 73-91

ISSUE DATE:

1976-12-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/89266>

RIGHT:

教室紹介 I

—— 京都大学物理学第一教室の巻 ——

「どこでどんなことをやっているのだろうか？」という声をよく聞きます。これに答えるために、何年か前にも試みられた教室紹介を復活することになりました。

トップバッターとしては、まず身近なところから、というわけで、京都大学物理学第一教室から始めることにしました。京大のなかでも物性関係の研究室はたくさんありますが、それぞれ別にすることにしました。京大の物理学教室は第一教室と第二教室とに分かれています。当初は研究体制の違いで分けたとも聞いていますが、大体第一教室が物性関係、第二教室が原子核、素粒子関係です。第一教室はユニット制で、教授はもちろん、助教授、講師までがそれぞれ研究室の単位になっています。

さて、研究室紹介ですが、形式自由、内容自由で、とにかく書いて下さいとお願いしたところ、快よく書いて下さいました。全体を忠実に表わしているとは必ずしも言えませんが、その姿がおぼろげにでも浮かびあがってくるのなら、この試みの目的を大部分達しているのではないのでしょうか。

◎ 物 性 理 論

○ 富田研究室

(構 成)

富田和久(教授)、富田博之(助手)、戸谷隆雄(学振研究員)、伊藤昭(D3)、木立英行(D2)、村上力(M2)、その他に蔵本由紀(京大・理)、川崎辰夫(京大・教養)、川崎和子(奈良女子大・理)、甲斐透(大阪市大・理)、岸田邦治(阪大・工)の各氏にも協力していただいている。

(運 営)

週一回のゼミナール(月曜午後)と研究室コロキウム(水曜午後)を定例にもち

前者は主に文献紹介・消化，後者は各人の研究報告を中心にして，ディスカッションをする。特徴は，旺盛な批判的精神が発揮され，レポーターを代弁者として文献の内容に食いつき，時にはこき下すことではないだろうか。

(近況)

数年来，非平衡開放系の理論研究を行ってきた。生体系や化学反応系，レーザー系等の現象に即した各論とともに，開放系における揺ぎの特徴なども研究を行ってきたが，最近の興味は大体次のように分けることができる。

(1) 化学反応・拡散系の問題

時間的振動，空間的構造の発現の問題に続き，外部振動場に対する“ひきこみ”現象，信号の伝播現象の解析，非一様な温度の効果，等の問題の研究に進んでいる。

(2) 一次相転移に伴うダイナミックス

まだ始めたところであるが，スピノダル分解における相似則の現象論，カイネティック・イジング・モデルを用いた解析，核形成過程，分解過程の臨界点での異常性の研究等が目標になっている。

(3) 乱流の問題

ルエルの仕事に刺激されて広い意味での乱流現象に興味をもっている。実際に乱雑解の現われる散逸開放系を探ること，乱流状態を特徴づける“秩序パラメーター”を定式化すること（例えば非調和振動子保存系におけるエノン・マイレスの数値解析のようなもの）を目標に力学系の理論の勉強も行っている。最近「ルエルの理論は間違っているのでは？」という声が上がっているが，さてどうなることか。

(富田博之記)

○松原研究室

研究室を構成している人は，松原武生教授をヘッドに，助手の町田，研修員の石田，小川，小倉，奈良，浜，大学院生の中西（D3），それに阪大基礎工から来ている神谷，岩瀬，百北（いずれもM2）である。他に毎週定期的に行われている誘電体に関するセミナーには，関学大の吉光，摂南大の渡会が参加する。又随時助手の小川（泰），研修員の神田もセミナーに加わり，活発な議論が行われる。

毎週定期的に行われるセミナーは上記の誘電体に関するものと，メンバーの研究経過

を報告するセミナーの二つがある。トピックスをしぼった教育的意味を含んだゼミが集中的に行われることがある。

次に研究室として現在興味を持っている話題の紹介に入る。基本的な考え方は、広い意味での伝統的な固体論を新しい現代の文脈の中で見直し発展させて行こうとしている（少くとも筆者はそう了解している）。研究室で最近なされた発表論文のリストを眺めると大きくいて二つの流れに分類できる。一つは格子振動の関係した相転移現象であり、いま一つは電子系が主たる役割を演ずる相転移現象である。前者の流れの例としては、中西と松原によってなされた金属微粒子の融解現象の理論がある。粒子径の減少と共に融点の低下する現象を self-consistent フォノン理論で検討したもので半定量的に実験を再現している。この理論の精密化が M2 の人達によってなされている。誘電体の研究も吉光と松原を中心に行われている。後者の流れである電子系の相転移の研究は、対象も半導体から、金属、結晶を成している規則系から不規則系と広範であり、内容もバラエティに富んでいる。以下そのバラエティの一端を紹介する。石田のⅣ族半導体の負膨張係数の問題の研究。渡会と松原の狭いバンドギャップを持った系（例えば SnTe）の結晶変態に結びついた電子的相転移の研究。中西によるⅥ族の結晶構造に関連して二次元系でのパイエルズ転移の研究。金属に関係するものでは、浜と松原の二元合金系の秩序・無秩序転移と長周期構造の発生に関する電子論。神田、町田、松原による希土類金属 Ce の α - γ 転移と価電子不安定性の研究。ハバードモデルの Gutzwiller 近似を応用した液体金属の金属絶縁体転移の理論（奈良，小川，松原）。その他町田の超電導体中の磁性不純物効果の研究などもある。

研究の対象も方法も以上の如くに多様で多岐にわたっている。しかし「そもそもどんな物質がどんな形態で存在しうるか」という基本的な問いかけを共通の基盤として、各人の特色を生かすなかで、研究室としての研究活動を行っている。（文責 町田）

○恒藤研究室

恒藤研究室のメンバーとそのテーマを年の若い順に紹介します。

中原幹夫（M1）：天体物理方向に関心を持っています。今、恒藤先生とランダウ、リフシッツの講読をしています。

中山功 (M2) : A-15 型 超伝導体の勉強をしています。先日は, Goikov and Dorokhov の論文を紹介してくれました。近いうちに Bhatt and McMillan を読んでくれる予定です。

山本光 (D2) : 一次元金属, 最近はそのなかでパイエルス転移における格子変形の高調波の効果についての計算をしています。

後藤章 (D2) : 恒藤研の変り種です。3年間イスラエルの Kuper 先生の所に行っていましたので, 今でも D2 です。関心は, 液体・固体ヘリウムにおける多体問題です。

山口敏彦 (D3) : 一次元金属, 特に不純物効果の問題を考えています。

上野信 (D3) : Skeleton 展開による n-component spin および, 液体 He^4 系での critical exponent の計算をしていましたが, 最近では二次元の液体 He^4 のモデルとしての二次元 X-Y モデルに関心を持っています。

川本宏 (研修員) : 物理教室の実験グループとの関係で微粒子の超伝導に関心を持っていましたが, 最近アルバイトに忙しいのか顔をほとんど見ません。

山下芳文 (研修員) : He^3 - He^4 混合固体の問題に興味があり, 平井研との関係は親密です。今, 希薄 He^3 固体でのスピン緩和時間 T_1 , T_2 の計算をしています。n-component spin および液体 He^4 系の相転移にも関心を持っています。

大見哲巨 (助手) : 一次元金属と液体 He^4 フィルムの問題を考えています。最近超流動 He^3 の vortex 状態にも少し興味があります。

最後に, 恒藤先生ですが, 以上のメンバーのテーマはほとんど先生から出ていると言っているくらいで, すべてに関心を持ち, 実際の計算の相談にもものってくれます。早く一人立ちの研究をしなくてはならないと時々いわれるのでみんな困っています。また, 超流動 He^3 では, 真木先生 (南カルホルニア大) との研究がありますが, このテーマでの身近な相手は研究室のゼミに毎週, 和歌山大からやってくる藤田利光氏です。

(大見記)

○長谷川研究室「量子光学の理論」

当教室実験グループ松岡研と定期的にセミナーを行い, 上の表題, 特に「コヒーレンス」の問題を中心とした理論の立場からの研究を行っている。開始後すでに3年以上経過しており, この間幾つかの成果をあげた。一つは実験にも関連した問題で, 最近漸く

実証の段階になっていると思われる「超放射」の理論で、池田、伊藤、沢田の三人が、「準確率」の方法を作って放射の強度の時間変化を算出、特に一番最近では振動的な挙動（いわゆる ringing）を出した。これについて池田の考えは原子双極子の量子的揺動を取り出そうとするもので用いている準確率の方法もそれに適した独特のものである。

（実験との対比で確実な結果を得ることは困難があり、多モード理論にまで踏み込む必要があるとのこと）。これに関連し、伊藤は 2 準位原子の取り扱いを 3 準位に拡張する試みも行っている。また、コヒーレンスの問題としては、他の重要な側面である「パルス伝播」を考察する必要があるが、ガスについてすでに色々なされている現状から、池田は秋元（東大物性研）と協力して固体中のコヒーレントなパルス伝播をくわしく研究した。その最大の特徴はいわゆるポラリトン効果を取り入れる点にあり、ガスの場合とは異なるパルス幅のむしろ広い範囲にこれまで考えられたことのない安定な伝播モードの存在を予測した。これに附随した種々の効果を含め、3 篇の論文として発表が予定されている。

われわれの他の一つの研究視点はより原理的な面の追求で、量子光学という典型的な非平衡開放系を扱うことにより、その統計熱力学を発展させるのがねらいである。

1973 年の量子光学国際会議で R. Graham はレーザーの時間的な相転移としてのとらえ方を Prigogine の非平衡熱力学になぞらえて論じたのが大きな刺激となった。レーザーにしろ超放射にしろ、散逸性の発展方程式によって確率分布なり、それによって得られる平均値や分散の時間変化を追うわけであるが、それは熱力学の terminology からどう位置付けられるのか、又、熱力学での手段として使われている「変分原理 — エントロピー生成極小」は、光学の問題にそのまま適用されるのか。（Graham 以前にはむしろミクロな理論の追求に関心が集中していた。）このような問題意識で長谷川はこの間「変分原理」を集大成しようとしている。実際にレーザーの場合に適用することは今始まった所である。巨視的とらえ方となると、当然 Ω -展開の問題にぶつかるが、伊藤は前記超放射の研究の中からこれを取り上げ、van Kampen の方法を直接量子力学的対象に拡張する手段を提出した。伊藤は量子散逸系を一般的に扱うことに熱意を持ち、そのため確率過程の数学を学んでいる。われわれの課題逐行には有力な数学が役立つものでありその方面の研さんにも力を注いでいる。その先駆者である岸本は C^* -代数で名をあげており、有力雑誌に数篇発表している。また、名大へ転じた保江は Nelson の確率量子化

に興味を持ち、散逸系の確率量子化で論文を発表している。 (長谷川 記)

○蔵本研究室

研究室とはいうものの、私一人しか居ないので自己紹介するようなものです。今春着任して、今から研究室らしきものを作ってゆこうと色々思案をめぐらせておりますが、まず研究室として最小限の物的基盤を用意しつつあるところで、次には人的な問題があります。来年度から大学院生を採用しはじめる予定ですし、またそのうち助手を採用する権利も回ってくるでしょうから、遠くない将来、実質的にも一研究ユニットとして発足できると思います。

現在はゼミなどを通じて富田研と接触する機会が多く、一方流体力学的不安定性や、乱流理論等で共通の関心をもつ異研の方々ともディスカッションの機会をもっています。実験系も含め、教室内の他のユニットの研究活動の内容を更によく理解したく、それとの関連をもある程度考慮したうえで、特色のある研究ユニットを作ってゆきたいと思っていますが、ごく大雑把に言って、広義の相転移現象、非線型現象、非平衡統計物理学という風に並べてみることからイメージされるものを基調としてゆきたいと思います。生命現象に関連した問題を主テーマとすることは、当面考えておりません。尤も、しばしば研究は意外な方面から触発され、意外な方向に発展してゆくものですから、あらかじめそれほど固定した枠は設けないつもりですけれども、基本的には統計物理学というものの上にしっかり足を踏んばって、そこから前物理的問題を物理的問題に成長させてゆくという方向で、何か新しい特色を出してゆけたらと考えています。

これ以上具体的な計画や、現在の研究活動に関しては余りに個人的な紹介になってしまいますから省略いたします。 (文責 蔵本)

◎ 流体物理学研究室

「流体物理」研究室は、物理本館 5 階の東南隅に位置し、現在のスタッフは、巽友正教授、川原琢治講師、中沢宏助手の 3 名、研究室所属の大学院生は松野好雅、柳瀬真一郎、田中光宏の 3 名です。

流体物理の関連分野は、気象・天体・生体などにおける流れや波動の問題から工学上の問題まで多岐にわたりますが、当研究室の研究対象は、これら応用面よりもむしろ流体現象の基礎面の理論的講究に向けられていると言えます。流れの安定性、層流から乱流への遷移過程、乱流の構造の統計理論、連続体における非線形波動、波動の統計、あるいはそれらの解析にともなう数理解析上の問題などが、研究対象となる主な項目です。

最近の研究内容の概略を二・三示してその一端を紹介します。乱流の統計理論関係では、多重尺度の概念をキュムラント打ち切り近似に適用することによって、一様等方性乱流の高レイノルズ数域まで有効な解析が進められました。コルモゴロフ・スペクトル領域の存在が数値計算により見出され、実測データと比較されるべき多くのデータが得られています。1 次元・2 次元、さらには非一様な実在乱流に対しても同様な解析が進められ、乱流の構造に関する多くの知見が得られつつあります。もう一つのアプローチは乱流場を理想確率関数で表現する方法で、ウイナー・エルミット展開を用いる解析が行なわれ、その方法の妥当性などが詳しく調べられました。非線形波動の問題では、非一様な媒質中での非線形分散波の伝播、あるいは非線形波動の記述に関連する摂動法の検討がなされつつあります。また、院生諸氏は、分散性波動の統計理論、2 次元乱流の数値計算、熱対流の安定性、圧縮性流体の乱流などの問題を鋭意研究中です。

日常的な研究活動の主なものは、毎週月曜日に数理解析研究所で行なわれる“流力談話会”と土曜日の流体物理学セミナーです。前者は、工学部の航空工学・数理工学、阪大基礎工、阪府立大、阪市大など京都近辺の流体力学関係者の集まりで、各自の研究成果の発表や論文紹介などが行なわれます。話題により顔触は替りますが、出席者はおおよそ 20 名前後です。土曜日のセミナーは、主として流体関係の院生を対象としたもので物理教室内のメンバー以外に、数理解析研究所の後藤・木田両氏が参加されます。最近では、Leslie ‘Developments in the theory of turbulence’, Townsend の ‘The structure of

turbulent shear flow' などを読みました。

最後に、学部学生在教育面では、連続体力学の講義と、課題研究「流体およびプラズマ」のセミナーが当研究室の担当となっています。

以上が、「流体物理」研究室のあらましです。 (文責 川原)

◎ 結晶・高分子研究室

結晶グループ(助教授1名、助手1名、研修員2名、DC 2名、MC 2名)と高分子グループ(教授1名、助手1名、DC 2名、MC 2名)の二つは、研究面では独立で、予算、設備、部屋を共有し、MCIのゼミ及び雑誌会は合同で行っている。

高分子グループでとり上げている問題は、一口に言えば、結晶性高分子の構造(組織)面から見た物性の解釈という事になるだろうか。従って、現在ではX線を利用した仕事が多いが、その他電顕、DSC、誘電測定、赤外分光等の方法も利用している。

現在とり上げている問題の一つは、結晶中の分子鎖の conformation と結晶変態という視点で、高圧下の伸びきり鎖結晶生成の過程を調べている。一方これと関連して熱処理によるラメラ厚の変化の問題もとり上げている。もう一つのテーマは、極性結晶として特徴的な PVF_2 I 型の分子運動と誘電性の関係を調べている。

結晶グループでは二つの大きな課題について研究を行っている。その一つは、単結晶中での高速イオンの運動に関連した問題で、以前より高速イオンのチャネリング現象を中心として、また現在これと平行して固体中及び固体で散乱・透過した高速イオン・原子の励起過程の研究も行っている。具体的には、完全結晶・乱れた結晶でのチャネリングの減衰、中間子(π^+ , π^-)のチャネリング、低速イオンの固体内での阻止能(イオン・原子の発光を利用した)、固体表面における高速イオンの電子捕獲過程、オコロユフ効果等のテーマをとり上げている。

もう一つの課題は、長鎖状分子結晶の成長とその格子欠陥の研究で、主にX線トポグラフィを用いている。さらに、その単結晶での相転移の研究も並行して行っている。

◎ 端 研 究 室

現在行なっている主な研究題目とそれに関係する主要な人物の名前をあげると、次の通りである。

- (1) ピコ秒パルス光励起による固体の Quantum Beat (福田, 山田)
- (2) Stark Switching 法によるルビーの光 coherent 効果 (中西)
- (3) NMR 多重量子遷移 Spin dynamics (畠中, 小沢)
- (4) Dressed Atom における coherent 過渡現象 (福田, 中西)
- (5) ルビーにおける excited state ESR と energy transfer (福田)

これから見られる様に、当分 MNR と coherent optics の両方の分野で coherent transient phenomena の研究を続けることになりそうである。出来れば、これらの研究から生れた独自の手法を用いて物性の variety 追求の醍醐味を味わう所まで行きたいという欲ばった希望も持っているのだが、なかなかそこまでは手が廻らない。かつて、廻転系二重共鳴を用いて KDP 中の K の NMR 検出を行ない、多少そういう方向に足を踏み入れたこともあったが、やはり dynamics 自体の研究が主流である。更に最近は就職関係の事情もあってか、coherent optics の研究を希望する人が増え NMR 人口が減少し回転系二重共鳴はしばらく開店休業の状態である。現在行なっている唯一の NMR の実験は(3)であり、主として 3 準位系の 2 量子遷移又は 2-step 遷移に伴う coherent 現象を調べている。NMR で調べるのは local な coherent phenomena であるが、その範囲では、精密・有能さに於て光学実験に比べはるかに優れている。特に、電磁波の位相を control 出来る強みがあり、最近、所謂 2 光子 echo の最初の観測に成功して気を良くしている。光学屋さんが光源の単色性、安定性で難儀している間に、種々の型の 2 光子 coherent 効果を洗いざらい検出してしまおう予定で居る。光領域の coherent phenomena 研究の特色ある方向としては、極短時間現象を追求する方向と、逆に CW レーザ光を使って準定常現象までも含めて過渡現象を調べる方向があると思われる。(1)は前者、(2)は後者の線に沿っている。(1)は現在のところ、ルビーにおける optically driven spin precession の研究という形をとっているが、将来どういう形で進めるか検討中である。現在の研究は nano sec 領域の F. T. ESR として利用出来るが、余りその方向に深入りするつもりはない。(2)では、optical free induction decay の他に、hfs によると思われる coherent

Raman beat を観測することに成功した。Canada の Szabo 一派も同様の研究を行なっているので安閑とはして居れない。NMR では観測されているが、まだその Optical analog が観測されていない種々の Coherent 現象の研究、および、相互作用のある系における superradiance 研究の手がかりを得ることが次の目標である。(4) は photon による dressing の考え方に興味があつて始めたもので、dressing の過渡的变化によって spin echo を生成させうるということを見出したのが最近の成果である。(5) は以前から行なっている研究だが、CW dye laser を導入して、spin memory の移行等を詳しく調べ、孤立系から多少はみだした方向の研究を行なうことを志向している。(4) を除いてはすべて sample はルビーを用いている。若い人はどうか知らないが、私自身は現在専らルビー嬢の魅力で満足し、しばらく上記の研究を続けたいと思っている。Quantum optics に関する本も沢山出始めたし、この 4~5 年で現在やっているような研究の peak は過ぎると思われるがその先はこれからぼつぼつ考えるつもりで居る。(文責 端 恒夫)

◎ 松岡研究室 — 量子光学

当研究室では、可視光領域を中心としたレーザー光と物質の相互作用を、誘導吸収や誘導放出、自然放出、コヒーレンス、多光子遷移、パラメトリック相互作用等といった観点から眺め、原子や分子の束縛状態あるいはイオン化状態を対象とした量子光学的研究を行っている。(ここで“量子光学”という用語は、“量子エレクトロニクス”と、例えば非線型光学やコヒーレント光共鳴、光の量子論のような新しい“光学”を合わせた意味で用いている。)

波長の連続可変なレーザーによって、多くの物質を共鳴的に励起することができるようになり、また、ピコ秒パルスの利用によって物質の各種の緩和時間より短い励起が容易になるとともに、レーザーを用いた非線型光学や分光学では物質のコヒーレントな励起効果が問題とされるようになってきた。1971年に当研究室を発足させるに当ってこのような発展を考慮して、我々はレーザーによるコヒーレントな励起状態の研究を一つの柱とすることにした。その後次第に問題が発展するにつれて、冒頭にのべたようにもう少し広い観点からテーマが選ばれるようになった。それらのテーマを実験毎に列挙

して簡単な説明を加えることにしたい。(なお、各項末尾の括弧内は各実験を担当した学生諸君の名である。)

1. 二光子励起によるコヒーレント状態と自由才差減衰

1931年の M. Goepfert-Mayer の理論に始まる二光子吸収は、レーザーによる分光法としても気体や固体において確立されているが、その際に生ずるコヒーレンスについてはほとんど論じられたことがなかった。そこで我々は、ルビジウム、カルシウム、リチウムの蒸気のパリティの等しい2準位間のコヒーレントな重ね合せ状態を、色素レーザーのピコ秒パルスの二光子吸収によって実現した。特に興味深いのは、カルシウムにおける二光子自由才差減衰である。そこでは、幅約 60 psec の励起パルスの通過後、二光子励起によるコヒーレンス(すなわち、二光子励起準位間の密度行列の非対角要素)が外場のない状態で約 200 psec の間“自由才差運動”し、熱運動の結果生ずる不均一横緩和によって減衰するのが見られた。

この実験は、最近議論の的となっている励起子分子のボース凝縮のコヒーレンスの検出にも応用できると思われる。

その他、自由才差減衰の超微細構造による変調や、スーパーラディアントおよびパラメトリック相互作用によるコヒーレントなカスケード放出過程が詳しく調べられている。(中塚, 岡田, 藤田)

2. 二光子共鳴三次高調波発生とアルカリ金属分子のレーザー発振

上記の実験を、二光子共鳴条件下の三次高調波発生の問題として見ると、これは互いに時間的にずれた2つのパルスの間で和周波発生が可能であることを示している。近年真空紫外の発生法として二光子共鳴によって enhance した三次高調波発生が注目されているが、この場合にも二光子励起コヒーレンスを考慮する必要がある。このことを明らかにするために、ナトリウム蒸気中で約 2000 \AA の紫外線のピコ秒パルス発生を行った。

さらに、この実験の副産物として、蒸気中に数%存在するナトリウム分子(Na_2)からの数10本の線の誘導放出が初めて見出された(波長約 8000 \AA)。さらに、 Na_2 の分光を行なうため、現在 CW 色素レーザーの建設を進めている。(伊藤, 打木,

早川)。

3. 気体における二次高調波発生

二次高調波の発生は中心対称のある媒質では禁止されているが、最近、我々は気体原子を静磁場中におき、磁氣的サブレベル間にコヒーレンスを作れば、二光子共鳴励起によってできた電氣的四重極能率から極めて容易に二次高調波発生が起ることを見出した。これは応用上の興味と同時に、四重極能率の測定法としても、また、磁氣的サブレベルや超微細構造の測定に関連した光ポンピング法の拡張としても利用価値があるものと思われる。(発表準備中)(中塚, 打木, 光永)

4. 二光子共鳴によるアルカリ土類金属のリドベルグ状態と自動電離状態の分光学

原子または分子の準位にレーザー光を共鳴させると大きなイオン電流が流れる。これを利用して、二光子あるいは三光子共鳴による二電子原子のリドベルグ状態と自動電離状態の分光実験を進めている。この問題は原子物理の理論上からも興味のある問題であるので、理論家との共同研究ができればと願っている。(松浦, 岸)

その他、ピコ秒パルス of 直接観測のための国産ストリーク・カメラシステムの試作を行って一応の成果を得ているが省略する。(文責 松岡正浩)

◎ 低温物性研究室

I 構成

昭和51年11月現在、研究室の構成は下表の通りである。

助教授	助手	研究奨励生	DC	MC
1	1	1	3	2

以上の8名が常時苦楽(?)を共にしている。

II 研究内容紹介

現在行っている研究題目は次の通りである。

(1) He^3 - He II 中の He^3 の流れの観測

He^3 NMR 法を用いて、特にコヘレント・スピン・エコーの r.f. の位相を測定することによって、 He^3 の流れの速度を直接測定している。これらにより、 He^3 - He II 系の流体力学、常流動速度 V_n と He^3 の速度 V_3 との関係、この混合液の乱流状態、超流動中の流れと超流動転移との関連等を調べることを目的としている。

(2) 固体ヘリウムの NMR

超低温度における固体 He^3 の NMR の実験を目指して固体ヘリウムの実験をおこなっている。固体ヘリウムは大きな量子効果と、それに伴う大きな直接の交換相互作用があり、比較的低い圧力で、その分子容と交換相互作用の大きさを大巾に変化させることができ、極めて興味深い系である。現在、固体 He^4 中に 1% のオーダー入れた He^3 不純物の運動の様子を、 T_1 , T_2 , $T_1\rho$ の測定を通じて調べている。 He^3 - He^3 間の交換相互作用、 He^3 - He^3 間の弾力的な相互作用の下での He^3 - He^4 間の交換相互作用の様子が明らかになって来ている。又、純粋 He^3 固体の NMR も調べているが、 He^3 中には ppm オーダーの He^4 不純物は避けられず、これが He^3 の緩和に大きな影響を及ぼすことが判っている。hcp 相で Zeeman エネルギーの緩和過程が 3 段の exp. の和で表わされることがみつき、この間の事情を調べている。

(3) 希釈冷却温度域での磁性体の NMR

当研究室では以前より磁性体の NMR の実験を数多くおこなって来ていたが、最近では希釈冷却機を用いて試料を冷却し、この温度域で興味ある振舞いを示す磁性体の NMR を調べている。周波数範囲を一応 10 MHz ~ 700 MHz 程度におき、この範囲内での零磁場 (+ 弱い外部磁場) での NMR の実験ができるように装置を整備している。転移点の低い磁性体の NMR、超低温度と強い内部磁場のために生ずる原子核の分極と、それに伴う現象、超低温度での種々の緩和現象に興味を持っている。

(4) SQUID の NMR への応用

多くの他大学の低温研究室と同様 SQUID の実験もおこなっている。現在、これを用いて He^3 の NMR を検出すべく努力中である。

(5) 臨界点近傍におけるヘリウムの粘性率の異常についての研究

2 年前に 1 年間サバティカルで来学したカリフォルニア州立大学の J. M. Goodwin 教授の蒔いた種を育てている。Vibrating Wire Viscometer を作り、ヘリウムの臨界点

(2.2 気圧, 5.2 K) 近傍でその粘性を測定している。Kawasaki Ohta 等により理論的に調べられている動的臨界現象としての粘性の僅かの異常を検出することを目的としている。

◎ 金属物理学研究室

構成は助教授 1 (遠藤), 助手 2 (鈴木, 坪井), 研修員 4 名 (田村, 辻, 福島, 渡辺), MC 3 (八尾, 御園生, 森安)。逆ピラミッド型構成による老化現象も新人の加入で活がはいり, 目下第 2 期黄金時代に向けて急上昇中。研究室の中心テーマは液体金属の物性の実験的研究であるが, 現在は金属—非金属転移が中心課題であり, 温度・圧力などをパラメータとしてこの転移の様相, 機構の解明をめざして実験技術の壁に挑戦中である。

次に, テーマのいくつかを紹介する。

(1) 液体金属の臨界点近傍における物性: 液体金属の高温高压下で実現される超臨界領域では, もはや液相・気相の区別がなくなり, 高密度流体から低密度流体へ密度が連続的に変化する。臨界点での密度は例えば水銀の場合 $5 \sim 6 \text{ g/cm}^3$ (1500 気圧, 1490 °C) であり, 常温常圧での値 13.6 g/cm^3 に比べて著しく小さい。密度を連続的に小さくしていくと, 低い密度領域で金属から非金属への転移がみられる。この転移機構の解明や, 著しく低密度の金属状態における電子輸送現象や電子の局在化を調べるため, Hg に種々の価電子数をもつ Au, Cd, Tl, Bi 等を微量添加し, 臨界点の移動や, 金属—非金属転移の様相の変化を電気伝導度, 熱起電力等を測定しており, Te や Se の臨界領域での測定も進行中である。

(2) 液体半導体の圧力下での非金属—金属転移: Te, Te—Se, Tl_2Te , In_2Te_3 等の液体半導体は高压 (≤ 5 万気圧) 下で金属化する。この非金属—金属転移の機構の解明, 特にこれが不規則系特有の現象であるかどうかに注目して, 圧力, 合金濃度, 温度の変化による転移の様相の変化を調べている。(1) での高温高压技術と同様に, ここでも液体試料に高い圧力を発生するという技術上の問題があるが, 現在着々と成果を上げつつある。

この他、(3) 非晶質の圧力下での非金属 — 金属転移：非晶質 Ge を中心として、圧力下での金属への転移（非晶質 Ge で約 6 万気圧，他元素の添加による結合状態の変化で転移圧力が変化する）の機構の解明。(4) 液体金属での陽電子消滅：液体 Fe-Ge, Ni-Ge, Au-Ge などでの陽電子消滅における d 電子の果たす役割。(5) 金属微粒子の超伝導：粒子サイズと粒子間の結合度を独立にコントロールして作られた金属微粒子超伝導体のゆらぎの問題，サイズ効果，表面効果の研究，(6) Cr の磁性，(7) 中性子回折による液体二元合金における濃度のゆらぎ，など多くのテーマがあるが，以上で，或一人の偏見に満ちた研究室の紹介としたい。（辻 記）

◎ プラズマ研究室

(1) 磁場中プラズマにおける高周波波動とプラズマ粒子との線型及び非線型相互作用の実験的研究を行なっている。さらに波動エネルギーによるイオン及び電子の加熱，いわゆる波動加熱の物理を探究中である。

(2) (a) 研究対象とするプラズマ波動は主に①横波としての電子サイクロトロン共鳴波と，②縦波としての上側及び下側ハイブリッド共鳴波（厳密には電子及びイオン・バーンシュタイン波）である。①は磁場と平行に伝播し，その偏波面が電子のラーマー旋回と同じ回転をするためサイクロトロン共鳴を起す。他方②の波動は静磁場と垂直に伝播して上側ハイブリッドでは電子が，下側ハイブリッドでは電子とイオンとの結合振動が共鳴を起すと共に，その軌道の歪みからサイクロトロン高調波においても共鳴が現われる。外部から高周波を適当な結合回路系を通してプラズマに印加して，これらのプラズマ波動を励起し，その特性（分散関係，減衰機構など）を検べている。(b) 一方，プラズマ内に荷電粒子流があると，それに附随した負性エネルギーの波とプラズマ波動との結合によっても，波動を励起することができ，かくてビームプラズマ系の線型不安定性の実験が行われている。(c) さらに，これらの不安定波動が成長して振巾飽和などの領域に達したときに呈する非線型現象，例えば波動と粒子との相互作用（共鳴粒子の波動による捕捉など），波動間の相互作用（パラメトリック結合など）並びにそれらがプラズマ加熱に及ぼす効果を検べている。

(3) 波動加熱の実験としてはこれらのプラズマ波動の研究を進展させて(a)電子サイクロトロン共鳴加熱(または上側ハイブリッド共鳴)によって電子を加熱すること,並びに(b)下側ハイブリッド共鳴によってイオン及び電子を加熱することを試みている。これらの波動加熱はトカマク・プラズマなどを核融合の点火温度にまで加熱する,いわゆる第2段加熱に適用しうる期待があつて重要な課題でもある。そのためには① 高電力の高周波をプラズマに入射する結合回路系, ② プラズマ内部にエネルギーを伝送するために不均一プラズマ内におけるプラズマ波動の伝播問題 ③ この波動の荷電粒子へのエネルギー輸送, ④ エネルギーを得た粒子の熱化の過熱, ⑤ その際エネルギー注入がプラズマの磁気容器による閉じ込めに及ぼす影響などを総合的に検べる必要がある。

(4) 上述の研究には目的に則したプラズマを必要とする。そのようなプラズマの生成は,計測法の開発と共にそれが一つの研究テーマでもある。例えば下側ハイブリッド不安定性の実験では磁場に垂直な電流を作ることが必要である。そのために低圧放電プラズマにクロスフィールド電場を印加しうるプラズマが要求される。また波動加熱を総合的に実験するための小型トカマク装置を建設中である。これは大半径 28cm , 半半径 5cm で,発生するプラズマは電子密度 10^{13}cm^{-3} , 電子温度 200eV , イオン温度 50eV , でエネルギー閉じ込め時間 0.2m sec を期待している。

◎ 福留研究室

福留研究室は物理第一教室で生物物理学の研究を行うユニットとして出発し,現在も主要な目標を生物の理解に置いているが,方法,題材ともことなる次の四つのグループがあり,研究を行っている。

(a) 電子論グループ:本グループは酵素反応を含めた化学反応の電子論的解析を目標としている。化学反応系では transition state その他の核配置に於て RHF 解が不安定になり,非制限 Hartree-Fock 解 UHF が必要になる。UHF 解は群論的に8種類の type に分類されることが示されたが,化学反応の進行の段階でこれらの質的なことになる解を経由することが示された。現在簡単な分子の反応について化応の type とそこに現われる UHF 解の type の間の相関を解析する研究が行われている。又 UHF 解の空間対称性の

破れ方の群論的研究，厳密解と UHF 解との間の関係等，UHF 解をめぐる 理論的・基礎的諸問題を研究中である。

(b) 膜グループ：本グループは生体膜，とりわけ光合成膜，ミトコンドリア膜を構成している膜物質を使い，単分子膜，累積膜といった人工膜を作り，その分光学的性質，あるいは金属イオンの吸着の問題に関していくつかの研究を進めている。一つは累積膜のもっている分子配向の良さに注目して CH_2 chain の方向の光吸収スペクトルを得ている。第 2 は Vitamine A のような polyene 間の光励起相互作用による光吸収スペクトルの変化を定量的に見るため，ステアリン酸との混合膜の光吸収スペクトルを単分子膜で測定している。第 3 は金属イオンの単分子膜への吸着を統計理論を用いて解析を行っている。1 価イオンと 2 価イオンの質的な違いが見出されている。

(c) 酵素グループ：本グループの最大の目標は「酵素は何故効率よく触媒を行なうか」ということである。歴史も浅く，Enzymology の手法を早く身につけるため， α -キモトリプシンを対象としてきた。置換基効果のハメットの ρ 値の解釈の問題，遷移状態類似阻害物質であるベンゼンホウ酸との相互作用，アンヒドロ酵素の pK 値等の問題を手がけた。現在は遷移状態類似阻害体である Diisopropyl phosphate をつけた酵素を NMR 等で研究している。今後の方向としては，より基礎的な方向と，より生物学的な方向とが考えられるが，後者を当研究室で歴史の長いリボソームグループと協力して行なう計画である。

(d) リボソームグループ：当研究室で最も生ぐさいグループである。生体の蛋白生合成の場であるリボソームは，二つの巨大な亜粒子からなり，それぞれがリボ核酸と数十種の蛋白分子とによって構成されている。これらの構成成分が亜粒子の中でどのような立体配置をとっているかを知ることが蛋白生合成の機構を理解する上で不可欠である。我々は現在まで，① 両亜粒子の接触面に存在する蛋白成分，② アミノアシル転移 RNA の結合位置に存在する蛋白成分について，二価性試薬によって成分間に架橋する方法で研究を進め，数種の成分を同定した。今後は，こうした構造研究と並行して，酵素グループと協力しながら，蛋白生合成の動的な側面をも扱っていきたいと思っている。

◎ 光物性研究室

当研究室では large band gap をもつ固体（イオン結晶を主体とする）を対象として、母体自身やドーピングした不純物の励起状態につき、電子構造や格子振動との相互作用の問題を追求すると同時に、それら励起状態の緩和過程などの動的挙動をなるべく簡単な形でとらえて解明することを目的として、研究を行なっている。

(I) 変調分光法によるタリウムハライド励起子の研究

タリウムハライドはバンド構造に特長があり、実験的にもいろいろと変わった現象が認められる興味深い物質である。例えば、バンド理論によれば、励起子は通常の Γ 点とは違って X 点に生成されることが期待されている。そこで、結晶に対して種々の方向に一軸性応力を加えた時のスペクトル変化を変調法により精度よく測定することによって励起子の対称性を実験的に決める事を試みた。実験装置として 2 台のロックインと AGC 回路を用い、反射スペクトル、その波長変調スペクトル及び応力変調スペクトルを同時測定した。TlCl, TlBr の第 1 励起子帯の LNT での測定結果より、励起子は X 点で生成される事並びに異なる X 点間の電子—正孔交換相互作用（バレー間相互作用）が応力効果の実験に於て重要な意味を持つ事が判った。今後は更に TlI についても反射スペクトルや発光スペクトルを調べ立方晶系での結果と比較検討したい。

(II) アルカリハライドに於ける励起状態の緩和

光によって物質系に供給されたエネルギーは輻射的過程（発光）或いは非輻射的過程（熱や defect の生成など）を通じて緩和してゆく。アルカリハライドに適当な不純物を混入し、母体励起によって生じる不純物発光について種々のスペクトルを調べると励起状態からのエネルギー緩和のメカニズムを知ることができる。不純物としては一価のイオンのみを採用し、異種ハロゲンを加えた場合の「局在励起子」(KCl:I, NaCl:Br, KBr:I) や異種アルカリを加えた場合の「摂動を受けた母体励起子」(KBr:Na, KI:Na) などにつき、夫々特長的な緩和機構の作用することを確認した。又 Tl イオンを加えた場合の再結合発光に関しても一見複雑な発光現象を整理して簡単なモデルにまとめることが出来た (KI:Tl, KBr:Tl, KCl:Tl)。これ等の測定に際しては複雑な多重過程を伴う X 線や電子線ではなく、単色紫外線によってなるべく単一素過程をへた励起を行なうことが重要である。このため最近水素レーザーによる励起法の検討を開始した。

現在その予備実験として窒素レーザーと色素レーザーを自作の上、蛍光寿命の測定を行っている。

(Ⅲ) 分子性イオン結晶に於ける光スペクトルの研究

分子性イオン基を構成イオンとするイオン結晶に於ては、アルカリハライドなどの単原子イオンから構成されている結晶とは違って、光スペクトルに数多くの振動微細構造が現われる場合が多い。例えば、硝酸塩や亜硝酸塩に於ては NO_3^- や NO_2^- などのイオン基がその構成イオンとなっており、光スペクトルはイオン基の振動や回転に相当する鋭い構造をともなっている。これ等の結晶には強誘電性を示すものが多く、また電子励起状態にとまなう格子振動の鋭いスペクトルを高分解で測定することにより、励起子と phonon との相互作用について詳しい情報をえることができるので、相転移に際しての電子構造の変化について有効な情報をえることも期待できる。 NaNO_2 に於ては励起子スペクトルに NO_2^- イオン基の内部振動とフォノンサイドバンドが伴っており、吸収と発光スペクトルの様子は局在中心における配位座標モデルでよく理解できることがわかった。また、遷移の終状態に於ては NO_2^- イオン基の回転振動と励起子とが結合して励起子—フォノン複合体を形成していることも明らかになった。今後は更に、分子性イオン基の回転の自由度に注目して、光スペクトルやラマン散乱線の相転移点近傍での温度依存性を追求したり、励起状態での振動レベルへの選択励起による発光緩和過程を調べて励起子と phonon の相互作用につきはっきりしたデータをえたいと思っている。